非鉄金属材料の表面硬化処理

— N, B, C元素の表面拡散浸透による硬化について —

松 田 福 久 *

Surface Hardening of Nonferrous Metals

— Surface Hardening by Means of Cementation of N, B and C —

Fukuhisa MATSUDA*

非鉄金属の表面硬化の方法としては、現在種々の方法が考えられているが、本稿では窒素（N）、ボロン（B）および炭素（C）の表面拡散浸透法による非鉄金属の表面硬化の可能性について、著者らの実験結果を中心に述べた。

1. はじめに

非鉄金属材料は鉄鋼材料に比し一般に高価であるが、それなりに種々の利点を持っている。すなわち周知のごとく、軽量性（例えばAl, Ti系など）、耐食性（Al, Ti, Nb, Ta, Cr, Au系など）、電気と熱特性（Cu, Al, Ag系など）、耐熱性（Ni, Co, Cr, Mo, W系など）、加工性（Al, Cu, Au, Agなど）、装飾性（Au, Pt, Ag, Al, Cu系など）およびその他の特性（形状記憶、半導体、超電導、発光性など）において鉄鋼材料より優れていることが多い。このため使用量は鉄鋼材料より少ないが、次第にその利用範囲も広がってきている。

このように利用が広がってくると、当然のことながら非鉄材料にも鉄鋼材料と同様な要求が求められるようになってきている。とくに最近の省資源化、省コスト化、高品質化などの時代にしたい、必要な部分にのみ必要な特性を持たせた材料をという、いわゆる材料の複合機能化という要望が求められるようになってきている。その内の一つとして非鉄材料の表面硬化や強化がある。

一般に非鉄材料は柔らかい材料が多いので、これらの表面層を何らかの方法で硬化（強化）させ、耐磨耗や耐傷性などが向上できればその利用も一段と増大していくのである。

一般に耐磨耗性などを高める目的で金属の表面を硬化させる方法には図1に示すものがある。(1)

図1 金属の表面硬化法の分類

* 大阪大学 溶接工学研究所 教授 工博
〒567 大阪府茨木市美穂ヶ丘11-1
☎ 06-877-5111

*Osaka University, Welding Research Institute
11-1, Mihogaoka, Ibaragi-shi, Osaka 567

図2 拡散浸透法における表面層形成と硬化層の基本型式

の表面焼入法は鉄鋼のマルテンサイト化による硬化を利用したもので、鉄鋼材料には古くから広く利用されている。しかし非鉄材料などでは一般に利用できない。

(2)の合金層形成法は表面に母板とは異なる合金層を形成させ、これを利用して硬化させる方法である。この内の拡散浸透法は原子サイズの小さいC（炭素）、N（窒素）、B（ボロン）などを利用し、高温で金属の表面より拡散浸透させ母板中の元素と固溶体、化合物または析出物層（実際はこれらの組み合わせさっていることが多い）などを形成させ硬化させる方法である（鉄鋼材料では(1)と組み合わせることが多い）。

また拡散浸透にはこれ以外にSi（シリコナイジング）、Al（カロライジング）、Zn（シェラダイジング）、Cr（クロマイジング）、W、V、Nb、Ti、Mo、Ta、Be、Cd、Cu、P、Sbなどによる方法もあるが、これらはC、N、Bなどより拡散層の生成は一般に遅い。

つぎに拡散浸透による拡散層の断面の組織と硬さ分布の典型例をスケッチで示すと図2となる。このような拡散浸透による硬化を起こすためには、母板は拡散原子を固溶またはこれと化合物を形成することが容易であることが必要である。またこの方法は拡散現象を利用するため、基本的には拡散方程式に従うものであり、硬化層の厚さ（深さ）は処理温度と時間の制御で調節することができる。

つぎに表面コーティング法は、一般には母板成分とはとくに関係なく表面にコーティングするものである。この内の薄膜作成法にはめっき、蒸着のほか最近のCVD、PVDなどの技術が入る。また厚膜作成法には溶射、肉盛、クラッドなどの技術が入る。

著者らは現在、主にNおよびBの拡散浸透法による非鉄金属材料の表面硬化の可能性を検討している。この方法は日本ではほとんど行われていないが、ソ連ではすでに多くのデータが出されている。¹⁾このため本稿では非鉄金属材料の拡散浸透法による表面硬化について著者らの結果を主に、さらにソ連のデータを一部引用して解説した。

2. 窒化処理による表面硬化

窒化処理による金属材料の表面硬化処理を分類すると表1となる。すなわち窒化処理は低温窒化（600℃以下）と高温窒化（600℃以上）に分けることができ、低温窒化は構造用鋼に対して適用されている。高温窒化は合金鋼と高融点活性非鉄金属に適用される。したがって非鉄金属に対する窒化浸透処理は高温窒化処理ということになる。そしてまた金属の種類により窒化処理温度と時間は異なる。

さらに高温であるので、高融点活性金属は耐酸化の目的で空気を排除した容器内に入れ処理されることが多い。図3はイオン窒化装置の機能を示す系統図の一例であるが、窒化処理は排気し、N₂またはN₂ + Ar（H₂を添加する場合もある）ガスを数Torrだけ入れた容器内でグロー放電により行われる。温度コントロールは外部にあるオプティカル・パイロメータにより電源放電電圧をコントロールして行われている。

非鉄金属の内では比較的簡単に窒化処理によって表面硬化が行える金属は、高温で窒素と反応し、窒化物を形成するか、固溶し易い金属である。このような金属としては前記の高融点活性金属があ

表 1 窒化処理方法の様式の種類

処理温度	対 象 材 料	処 理 雰 囲 気	加 熱 方 式
低温窒化 ($< 600^{\circ}\text{C}$)	◦ 構造用鋼	◦ ガス方式 アンモニア アンモニア- N_2 , O_2 N_2 - H_2 -Ar N_2 -Ar その他 ◦ 液体方式 シアン化物-シアン酸塩浴 その他	放射加熱 高周波加熱 抵抗加熱 グロー放電 (イオン窒化) コロナ放電 静電場, 磁場内
高温窒化 ($> 600^{\circ}\text{C}$)	◦ 鋼, 合金鋼 ($600\sim 800^{\circ}\text{C}$) (窒化焼入れが主) ◦ 高融点活性金属 (処理温度は金属により異なる)	アンモニア アンモニア- N_2 N_2 - H_2 -Ar N_2 -Ar その他	高周波加熱 抵抗加熱 イオン窒化

図 3 イオン窒化装置の機能系統図のスケッチ (版大)

る。これに対し, Al, Cu, Ni, Au, Ag, などの純金属などは窒素と反応, 固溶を行わないので窒化は一般に困難である。したがってこれらの金属を窒化するためには窒化物を形成し易い元素を少量添加するなどの工夫が必要である。しかし現状では, これらのデータはほとんど見当たらない。

次に窒化処理が現在可能な金属について個々に述べてみる。

1) Ti (チタン), Zr (ジルコニウム) および Hf (ハフニウム) とその合金 (IVa 族)

Ti, Zr および Hf は周期率表の IVa 族に属し, それぞれ金属学的な性質がお互いに似ている。これらの金属と N との状態図的検討は Ti-N, Zr-N はよく行われているが, Hf-N はあまり行われて

表 2 IVa 金属材料のイオン窒化処理後 (900 $^{\circ}\text{C}$, 1 hr, 純 N_2 ガス 6 Torr) の表面硬化状況

材 料	硬 さ (Hv)			硬化域 (μm) *	硬化後の 表面色調	表 面 硬 化 の 可 能 性 **
	表 面 * (S)	母 板 (B)	硬化比 (S/B)			
Ti (チタン)	8 5 0	1 9 0	4.5	2 0	金 色	○
Ti 6Al4V	8 6 0	3 3 0	2.6	$\leq 2 0$	"	○
Ti 8Mn	9 8 0	4 5 0	2.2	$\leq 2 0$	"	○
Zr (ジルコニウム)	6 5 0	1 4 0	4.6	6 0	淡い青い褐色	○
Hf (ハフニウム)	8 4 0	3 8 0	2.2	6 0	淡い金色	○

* 概略値 ** ○可

いない。しかしこれらの金属は一般にNをよく固溶し、また種々の窒化物を形成する。このため窒化による表面硬化は一般に容易である。

表2はTi, Ti-6Al-4V, Ti-8Mn, Zr およびHfを6 TorrのN₂中でイオン窒化により900℃, 1 hrの処理を行ったときの表面硬化状況を検討した結果である。²⁾ いずれも表面硬化を行うことができ、Tiなどでは表面はTiN による金色を示す。

これらの内の代表的なTi, ZrおよびHfについての断面硬さ分布を図4に示す。Ti合金などについての窒化処理はすでにソ連などに多くのデータがある。¹⁾ 一般にこの系統の材料は水素ぜい性を示すので、窒化についてはH₂ ガスを使用すべきではない。また表面硬さをあまり高くすると材料の

ぜい性が問題となる。このため目的に応じた処理条件の選定が必要である。

2) V (バナジウム), Nb (ニオブ) およびTa (タンタル) とその合金 (Va 族)

V, NbおよびTa は同一族に属し、これらの金属学的な性質はお互いに似ている。V-N, Nb-N およびTa-N系の状態図の詳細は不明であるが、いずれも若干の固溶度を持ち、また数種の化合物も形成するためNによる表面硬化は可能である。

表3はV, NbおよびTaのイオン窒化処理(900℃, 1 hr, 純N₂, 6 Torr)による表面硬さ, 硬化域および表面色調を示したものである。IVa 族の場合よりも表面硬さは低いがいずれも硬化の可能性がある。断面硬さ分布を図5に示すが、Vでは硬化域が広いことがわかる。さらに処理後の色調

図4 Ti, Zr, Hfのイオン窒化後の断面硬さ分布例

図5 V, Nb, Taのイオン窒化後の断面硬さ分布例

表3 Va金属材料のイオン窒化処理後(900℃, 1hr, 純N₂ ガス6 Torr)の表面硬化状況

材 料	硬さ (Hv)			硬化域 (μm) *	硬化後の 表面色調	表面 硬 化 の可能性 **
	表 面 * (S)	母 板 (B)	硬化比 (S/B)			
V (バナジウム)	6 0 0	2 6 0	2.3	2 0 0	淡い金色	○
Nb (ニオブ)	1 8 0	9 0	2.0	5 0	"	○
Ta (タンタル)	2 1 0	1 5 0	1.4	2 0	"	○

* 概略値, ** ○可

はいずれも淡い金色である。

表3でのTaの表面硬さはあまり大きくないが、処理温度と時間を増大させると硬さは増加する。たとえば1400℃での処理では表面硬さがHvで1000~1500、硬化域が100μm以上にまで達するようである。¹⁾

3) Cr (クロム), Mo (モリブデン)およびW (タングステン) とその合金 (VIa族)

Cr, MoおよびWも同族でそれらの性質は互いに似ている。Cr-N, Mo-NおよびW-N系の状態図の詳細は不明であるが、いずれもNをわずかに溶解し、また化合物を形成する。このため窒化処理による表面硬化も可能である。

表4はCr, Mo, TZM (Mo-0.5%Ti-0.2%Zr)およびWのイオン窒化処理(900℃, 1hr, 純N₂, 6Torr)による表面硬さ, 硬化域および表面色調を示す。Cr, MoおよびTZMはいずれも表面硬化がみられた。Wは硬化がとくにみられなかったが、これは処理温度が低いためである。硬化域は10~20μm程度であり、表面は銀白色を示す。

Moとその窒化物皮膜は高い耐磨耗性を有し、また高温強度を高める。¹⁾しかし常温での塑性の低下をもたらすので、その実用的処理には十分な検討が必要となる。

4) 耐熱合金

実用のNi基, Fe基およびCo基耐熱合金では、合金

表4 IVa金属材料のイオン窒化処理後(900℃, 1hr, 純N₂ガス6Torr)の表面硬化状況

材 料	硬さ (Hv)			硬 化 域 (μm) *	硬化後の 表面色調	表面硬化 の可能性**
	表 面* (S)	母 板 (B)	硬 化 比 (S/B)			
Cr (クロム)	650	140	4.6	20	銀白色	○
Mo (モリブデン)	1020	280	3.6	10	"	○
TZM	1200	310	3.9	10	"	○
W (タングステン)	530	510	1.0	—	"	×

* 概略値 ** ○可, ×否

表5 Ni, FeおよびCo基耐熱合金のイオン窒化後の表面硬化状況

材 料	処 理 条 件 (°C) × (hrs) × (Torr) × (ガス)	硬さ (Hv)			硬化域 (μ)*	処理後の 表面色調*	表面硬化の 可能性**
		表面* (S)	母板 (B)	硬化比 (S/B)			
耐熱合金 (Ni基)	Inconel 600	780	250	3.1	<20	黒色	○
	Inconel 713C	830	390	2.1	<20	淡い灰色	○
	MM200	860	350	2.5	<20	"	○
	IN738	770	420	1.8	<20	"	○
	U-500	530	340	1.6	20	銀白色	○
	H-B	460	270	1.7	20-30	"	○
(Fe基)	MIC-LC	1080	230	4.7	30-40	銀白色	○
	K63	1500	240	6.3	40	"	○
	Incoloy 800	1050	190	5.5	40	黒色	○
(Co基)	ZCo	560	420	1.3	20	銀白色	?
	UMCo	430	330	1.3	20	"	○

* 概略値 ** ○可, ? 不明

図6 市販耐熱合金のイオン窒化後の表面硬さと処理温度(3 hr)の関係例

中にCr, Feなどの硬化可能元素が多く含まれているためにNによる表面硬化が可能である。

表5は市販のNi基, Fe基およびCo基合金のイオン窒化処理(700および900℃, 1および3 hr, $N_2:H_2=1:1$, 6 Torr)による表面硬さ, 硬化域および色調を示す。合金によって表面硬さが異なるが, Hvで700~1500の高い硬さを示すものがみられる。さらにこのような合金では処理温度によって表面の硬さが変化する。

図6(a), (b)にNi基とFeおよびCo基合金について処理温度を500~900℃(処理時間3 hr一定)に変化した場合の表面硬さの変化を示す。表面硬さはいずれも600~700℃程度が最も硬く, その前後で硬さは低くなる。とくに高温側では拡散の促進による硬さ低下が大きい。このため目的に応じた処理条件の検討が今後必要となる。

また非鉄金属の範ちゅうではないが, ステンレス鋼などの窒化処理による表面硬化は極めて容易であり, それらの表面硬さもHv>1000となる。²⁾

3. ボロン化処理による表面硬化

ボロン化処理はボロナイジング, ホウ素浸透, 浸ほう処理などとも呼ばれている。工業的なボロン化処理の方法と様式は表6のように分類される。すなわち, 様式としては粉末, 液体, ガス方式が

表6 ボロン化処理方法と様式の分類

処 理 方 式	処理の種類	処理雰囲気
粉 末	◦ 非晶質Bとその化合物 ◦ B ₂ O ₃ と還元剤	非気密室 真空 保護雰囲気ガス 液化媒質
液 体	◦ 熔融物 (熔融塩 熔融酸化物 ◦ 電解質溶液	液体(無電解)法 電解法
ガ ス	◦ Bのハロゲン化物 ◦ Bの水素化物 ◦ アルキルB化合物	気密室

図7 固体ボロン化法のスケッチ (阪大)

あり、方法には非気密、真空ならびに無電解、電解などがある。ボロン化処理の目的は窒化処理とほぼ同様で主として表面硬化、耐磨耗性および耐食性の向上などである。

実験室的にはボロン化処理は比較的簡単であり、著者らがやっている方法を図7に示す。³⁾ すなわち被処理材を黒鉛ルツボ中に非晶質粉末ボロン(粒径は0.1～1.0 μm程度)内に埋め込み、電気炉で一定の温度および時間を保持する。なお、電気炉内はArガスにより不活性雰囲気としている。

ボロン化処理によって表面硬化が可能な非鉄金属はほぼ窒化処理の場合と同様、ボロンを固溶またはボロンと化合物を形成する金属である。またそのままでは硬化しない金属でも、適当な合金元素を添加して硬化を可能にすることができる。以下にボロン化処理が現在可能な非鉄金属材料について述べてみる。

1) 高融点活性金属とその合金

高融点活性金属(Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, MoおよびWなど)とBとの状態図はTi-B, Zr-BおよびMo-B以外はほとんど明らかでない。しかしいずれの金属もBに対する固溶限は多小とも持っているようであり、またいずれもBとの化合物を数種類形成する。このために、これらの金属およびその合金のボロン化処理による表面硬化はいずれも可能である。

これらの硬化処理は一般に900～1400℃, 0.5～3hrの範囲で行われている。硬化層にはTiでは

TiB₂, ZrでZrB₂, NbでNbB₂, TaでTaB₂, MoでMo₂B, WでW₂Bなどが形成し、それらの硬さはHvで1500～2500程度となる。¹⁾ 著者らの予備実験でもTiの処理(1000℃, 24hr)でHv ≈ 3000, またCrでHv ≈ 2200程度と極めて硬化している。

しかし一般に硬化層が厚くなるとぜい化し、気孔と割れなどが増加して基地との結合が悪くなる。このため硬化層の厚さは100 μm以下が良いといわれている。

またボロン化処理をしたMo, WおよびNbの耐磨耗性は焼入鋼の数倍も大で、耐高温酸化性は非処理材の数十倍大であるといわれている。¹⁾

2) Ni, Coおよびその合金

NiおよびCoの金属はボロン化処理によりいずれも硬化する。

図8は著者らの工業用純ニッケルに対するボロン化処理(700～1000℃, 6 hr)の結果を断面硬さ分布で示している。³⁾ 800℃以上の処理では表面硬化がみられる。そして900℃以上では表面硬さがHvで約900～1000となり、温度の増大で表面層の幅が広がっていく。

このようなNiのボロン化処理の研究はすでに報告があり、その処理温度-時間と表面硬さと硬化

図8 工業用純ニッケルのボロン化処理後の断面硬さ(処理温度変化)

図9 Cu-Ni 2元系合金のボロン化処理後の表面硬さと処理温度

域の関係が求められている。¹⁾ Niのボロン化処理により形成される層は Ni_2B , NiB , Ni_3B_2 , Ni_3B などの多数の化合物が確認されている。Niのボロン化層の断面を後記写真1(e)に示すが極めて緻密な化合物層が形成する。

またNiのボロン化物層は硬さが高いにもかかわらず、鉄のボロン化物層に比してぜい性が少ないといわれている。そしてこのボロン化物層は防食被覆として極めて有効であるとされている。¹⁾

Coのボロン化処理によって、表面に CoB , Co_2B , Co_3B の化合物が形成し、表面硬さは1000°Cの処理でHvが1000以上を確保することができる。これらの処理と温度-表面硬さと層の厚さの関係が求められている。¹⁾

Ni合金、Co合金はまたボロン化処理によって表面硬化が可能である。しかしこれらに対するデータは少ない。

3) Cuおよびその合金

工業用純銅はボロンと化合物を形成しないためボロン化処理では表面は硬化しない。このためCuにNiまたはCrなどを適当量だけ添加し、銅合金とすると表面硬化が可能となる。できるだけ純銅に近い合金が好ましいので合金量が少なくして硬化する元素が求められている。図9はCu-Ni 2元系について、その表面硬化とボロン化処理温度(時間6hr)の関係を示したものである。Cu中にNiが約10~20%以上含まれる合金では表面硬化が可能である。またNi量が多いと純ニッケルと同様な硬化を示す。またNi量が5%と少ないものでも表面硬さの増加はみられないが、表面の結晶粒界ならびに粒内に Ni_2B の析出物は多数みられた。

写真1(a)~(e)にCu-Ni合金のボロン化処理後(950°C, 6hr)の断面顕微鏡写真を示す。上部が試料表面である。

Cu-Cr系合金においてもCrが約10%添加されていると表面硬化が顕著となる。Cu-Cr系合金ではCu中にCrの初晶が分離した状態で存在するので、硬化はCr初晶部において起こる(図2(d)の形態)。このため、この合金系では硬化部と軟かいCu部が混在した状態となる。今後、さらに少ない合金量で硬化させることのできる元素の検討が必要である。

4) Au(金), Ag(銀)などの貴金属とその合金

AuなどはCuと同様、ボロンと化合物を形成しないのでそのままでは表面硬化はみられない。このためボロンと化合物を形成する元素を合金させ、その表面の硬化の可能性を検討した。⁴⁾ 検討した合金元素はTi, V, Cr, Mn, Ni, FeおよびCoなど

写真1 銅およびCu-Ni合金のボロン化処理後の断面写真(金属顕微鏡)

である。これらの元素はいずれも純金中に数%～十数%以上含まれるとボロン化処理により表面硬化が可能であることがわかっている。

図10はAu-Cr 2元系合金のボロン化処理(950℃, 6 hr)後の断面硬さ分布を示している。3%Cr以上のAuでは表面硬さがHvで約1500～1600となり、その硬化域は10～20μmとなっている。図11はAu-X 2元系(X: 添加元素の種類)においてXの量%を変化させたときのボロン化処理後の表面硬さを示したものである。添加元素(X)により表面に形成するボロン化合物の性質が異なるので表面硬さも変るのである。

図10 Au-Cr系合金のボロン化処理後の断面硬さ分布例

写真2(a)～(c)はAu-30%Fe, Au-17%Ni-8%Pd(市販18金ホワイトゴールド), およびAu-7%Crの合金のボロン化処理後の断面組織の顕微鏡写真(SEM)である。写真よりみてわかるように、合金元素の種類によって表面硬化層の形も異なっている。

Ag合金も合金元素を選定することにより表面硬化を行うことができる。しかしこのような検討結果は皆無に近い。

4. 炭化処理(浸炭)による表面硬化

鉄鋼で広く利用されている浸炭プロセスは、非鉄金属に対しては高融点活性金属の一部にのみ適用されているにすぎない。目的としては、表面硬さと耐磨耗性、耐食性を増し、また特殊な電気化

図11 Au-X系合金のボロン化処理後の表面硬さの例

写真2 金合金のボロン化処理後の断面写真(SEM)

学, 物理的特性を得ることにある。¹⁾

黒鉛管状炉を使用した水素気流内での浸炭結果では, 900~1300℃(1~8 hr)の処理で表面硬さ(Hv)はTiで1000~1400, Zrで1000~1600, Nbで1300~2000, Taで1300~1800, また1400~1700℃でのMoに対し1500~2000, および1600~1900℃でのWに対し1600~2000の値が得られている。¹⁾ しかし硬化層の厚さが100 μ mを越すと基底との接合性が悪化し気孔, ぜい性が増大する。このため数十 μ mの硬化層とするのが好ましいようである。

5. まとめ

内部が柔らかくて粘く, 表面のみの数十 μ m程度が連続的に硬くて耐磨耗性などが高いという非鉄金属材料を要求するというのが今後次第に増加してくるものと考えられる。本稿では, これらの処理方法の内, 窒素およびボロンならびに一部炭素による表面拡散浸透処理について現状を述べてみた。これらの方法は, 最近のCVD, PVDなどに比して設備的に安価で, 技術的にも簡単である。したがって目的によっては, この方法の利点が大いに発揮できるものと考えられる。

しかし, 我が国においてはまだこのような研究や技術開発は日が浅く未完であるといえる。今後, このような表面硬化の方法, 処理条件, そしてとくに処理後の種々の特性などについての検討が必要である。また, さらにこのような特性を持った金属表面の新しい他の技術への応用(たとえば接合, 複合化)なども研究していく必要がある。本稿がこの方面の研究および技術開発にいささかなりとも役立てば著者の喜びとするところである。

参 考 文 献

- 1) 例えば, ゲ・ヴェ・ポリセノーク他: 金属化学熱処理便覧(訳), 日・ソ通信社/新日本鑄造協会, 昭和58.9.25
- 2) Matsuda F., Nakata K., Tohmoto K.: Ion Nitriding of Nonferrous Alloys, Trans. JWRI (阪大溶接工学研究所報告), **12**, 2, 1983
- 3) Matsuda F., Nakata K., Tohmoto K.: Surface Hardening of Copper-Nickel Alloys with Boronizing, Trans. JWRI, **12**, 1, 1983
- 4) 一部, 松田, 中田, 塔本, 森川: ボロン拡散浸透法による金合金の表面硬化処理
昭和58年度秋期金属学会, 全国大会(第93回)
講演概要, 1983. 10, p. 507(口頭発表)

統計処理プリンター機能付 電解式メッキ膜厚計 モデルGP-08、G-07新登場

新型GP-08は、従来の器械に全自動統計処理プリンターを内蔵し、増々、便利になりました。G-07は計算器が付いており、校正計算、統計処理等の計算(プリント)が簡単に出来ます。

モデル GP-08

膜厚計の総合メーカー販売輸出/英国エルコメーター社総輸入元
電 測 工 業 株 式 会 社
ELEC FINE INSTRUMENTS CO., LTD.
東京都中野区中央2-47-1 電話(03)365-0861(代表)
テレックス 232-3131

モデル G-07